

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-223019

(P2002-223019A)

(43)公開日 平成14年8月9日(2002.8.9)

(51)Int.Cl'

H 01 S 3/094  
G 01 N 15/06  
15/14

識別記号

F I

G 01 N 15/06  
15/14  
H 01 S 3/094

テーマコード(参考)  
C 5 F 0 7 2  
P  
S

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全5頁)

(21)出願番号 特願2001-16168(P2001-16168)

(22)出願日 平成13年1月24日(2001.1.24)

(71)出願人 000115636

リオン株式会社

東京都国分寺市東元町3丁目20番41号

(72)発明者 松田 朋信

東京都国分寺市東元町3丁目20番41号 リ  
オン株式会社内

(74)代理人 100085257

弁理士 小山 有 (外1名)

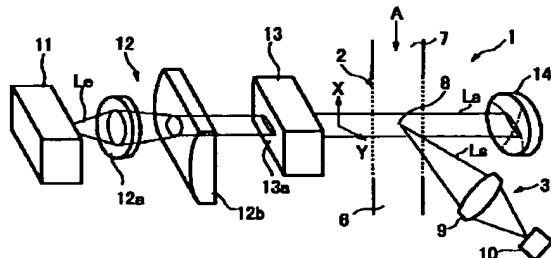
Fターム(参考) 5F072 AB20 KK06 MM08 PP07 YY11

(54)【発明の名称】 レーザ発振器とそれを用いた光散乱式粒子検出器

(57)【要約】

【課題】 粒子検出領域を大きくすることができる光散乱式粒子検出器を提供する。

【解決手段】 半導体レーザ11が発する励起用レーザ光L<sub>e</sub>をシリンドリカルレンズ12bなどからなる集光レンズ系12で固体レーザ13に集光させ、この固体レーザ13が発するレーザ光L<sub>a</sub>を縦方向と横方向とで異なる曲率半径の反射面を有する凹面鏡14によって固体レーザ13に帰還させるレーザ発振器1が放射する横モードパターンが細長形状のレーザ光L<sub>a</sub>を、試料流体が形成する流路2に照射して粒子検出領域8を形成し、この粒子検出領域8に含まれる粒子を、レーザ光L<sub>a</sub>が粒子に照射されて生じる散乱光L<sub>s</sub>を受光部3で受光することによって検出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 勵起用光源が発する励起光を集光手段によって固体レーザに集光させ、この固体レーザが発するレーザ光を反射手段によって前記固体レーザに帰還させるレーザ発振器において、前記集光手段は縦方向と横方向とで異なる曲率半径の面を有することを特徴とするレーザ発振器。

【請求項2】 勵起用光源が発する励起光を集光手段によって固体レーザに集光させ、この固体レーザが発するレーザ光を反射手段によって前記固体レーザに帰還させるレーザ発振器において、前記反射手段は縦方向と横方向とで異なる曲率半径の面を有することを特徴とするレーザ発振器。

【請求項3】 勵起用光源が発する励起光を集光手段によって固体レーザに集光させ、この固体レーザが発するレーザ光を反射手段によって前記固体レーザに帰還させるレーザ発振器において、前記集光手段と前記反射手段は、共に縦方向と横方向とで異なる曲率半径の面を有することを特徴とするレーザ発振器。

【請求項4】 請求項1、2又は3に記載のレーザ発振器が放射するレーザ光を、試料流体が形成する流路に照射して粒子検出領域を形成し、この粒子検出領域に含まれる粒子を、前記レーザ光が粒子に照射されて生じる散乱光を受光することによって検出することを特徴とする光散乱式粒子検出器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、励起用光源を用いたレーザ発振器とそれを用いて試料流体中に含まれる粒子を検出する光散乱式粒子検出器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の光散乱式粒子検出器としては、特公平6-58318号公報に記載された2つの方式が知られている。一方の方式は、レーザ媒質としてHe-N<sub>e</sub>ガスレーザを用いたものであり、他方の方式は、レーザ媒質として固体レーザを用いたものである。図5に示すように、共にレーザ共振器内部に試料流体がインレット100からアウトレット101にながれる流路102を形成し、横モードパターンが円形のレーザ光L<sub>a</sub>と流路102が交差する箇所を粒子検出領域103としている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】近年、精密電子機器などの製造は、清浄な環境下、例えばクリーンルーム内で行われる傾向にある。クリーンルームの清浄度の管理は、クリーンルーム内に浮遊する粒子数を管理することによって行われている。そして、クリーンルーム内の粒子数の管理においては、大量の試料空気を粒子検出器に取り込む必要がある。

## 【0004】そこで、大量の試料気体を所定時間内に粒

子検出器の流路に流すためには流路の断面積を大きくする必要がある。また、流路内を通過する試料気体内の粒子をもれなく検出するためには、流路の断面積に合わせてレーザ光の断面形状も大きくし、より大きな粒子検出領域を形成する必要がある。

【0005】しかしながら、レーザ光の断面形状を大きくすると従来の光散乱式粒子検出器においては、次のような問題が出てくる。

10 (1) レーザ媒質をHe-N<sub>e</sub>ガスとする光散乱式粒子検出器においては、He-N<sub>e</sub>ガスレーザ媒質は断面が円形の細いガラス管で形成されているため、レーザ光の横モードパターンは円形となる。そこで、円形のレーザ光の断面を広げるとエネルギー密度が下がり、結果として粒子からの散乱光量が減って、微小粒子の検出が難しくなる。

(2) レーザ媒質を固体レーザとする光散乱式粒子検出器においては、励起用光源の照射レンズの面と反射鏡の面が共に球面状に形成されているため、レーザ光の横モードパターンは円形となる。そこで、円形のレーザ光の断面を広げるとエネルギー密度が下がり、結果として粒子からの散乱光量が減り、微小粒子の検出が難しくなる。

(3) 従来の技術において、より大きな粒子検出領域を形成し、且つエネルギー密度を下げないために、He-N<sub>e</sub>ガスレーザの場合には、より長く太いガラス管のレーザ媒質を用いなければならないし、固体レーザの場合には、より高出力な励起用光源を用いなければならない。どちらも大型で高価である。また、この場合、レーザ光の断面は円形で広がるため、粒子検出領域の体積が大きくなり、検出領域の空気分子などが発する散乱光が増大し、結果として背景光の増加によるノイズの増加が起こり微小粒子の検出が難しくなる。

【0006】本発明は、従来の技術が有するこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、断面形状が細長いレーザ光を出力するレーザ発振器及び粒子検出領域を大きくすることができる光散乱式粒子検出器を提供しようとするものである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決すべく請求項1に係る発明は、励起用光源が発する励起光を集光手段によって固体レーザに集光させ、この固体レーザが発するレーザ光を反射手段によって前記固体レーザに帰還させるレーザ発振器において、前記集光手段は縦方向と横方向とで異なる曲率半径の面を有するものである。

【0008】請求項2に係る発明は、励起用光源が発する励起光を集光手段によって固体レーザに集光させ、この固体レーザが発するレーザ光を反射手段によって前記固体レーザに帰還させるレーザ発振器において、前記反射手段は縦方向と横方向とで異なる曲率半径の面を有するものである。

【0009】請求項3に係る発明は、励起用光源が発する励起光を集光手段によって固体レーザに集光させ、この固体レーザが発するレーザ光を反射手段によって前記固体レーザに帰還させるレーザ発振器において、前記集光手段と前記反射手段は、共に縦方向と横方向とで異なる曲率半径の面を有するものである。

【0010】請求項4に係る発明は、請求項1、2又は3に記載のレーザ発振器が放射するレーザ光を、試料流体が形成する流路に照射して粒子検出領域を形成し、この粒子検出領域に含まれる粒子を、前記レーザ光が粒子に照射されて生じる散乱光を受光することによって検出するものである。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。ここで、図1は本発明の第1の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図、図2はレーザ光と流路との関係を示す斜視図、図3は本発明の第2の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図、図4は本発明の第3の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図である。

【0012】本発明の第1の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、図1に示すように、光源としてのレーザ発振器1と、検出対象となる流体により形成される流路2と、散乱光Lsを受光する受光部3を備えている。

【0013】レーザ発振器1は、横モードパターンが円形の励起用レーザ光Leを放射する半導体レーザ11と、励起用レーザ光Leを集光する集光レンズ系12と、集光レンズ系12で集光した励起用レーザ光Leを受けて励起し、レーザ光Laを放射する固体レーザ13と、固体レーザ13と流路2を挟んで対向して設置され、固体レーザ13が放射するレーザ光Laを反射して固体レーザ13に帰還させる凹面鏡14からなる。

【0014】集光レンズ系12は、球面形状からなる凸レンズ12aと、シリンドリカルレンズ(円柱レンズ)12bからなる。横モードパターンが円形の励起用レーザ光Leは、凸レンズ12aで集光された後に、シリンドリカルレンズ12bによって横モードパターンが細長形状の励起用レーザ光Leに変換される。

【0015】ここで、励起用レーザ光Leの横モードパターンが細長形状とは、レーザビームの断面形状が細長形状であって、流路2の方向(以下、X方向と記す)を短くし、流路2に直交する方向(以下、Y方向と記す)を長くした形状で、レーザビームを扁平にした状態をいう。

【0016】固体レーザ13としては、例えばNd:YVO<sub>4</sub>、Nd:YAGなどが用いられる。固体レーザ13の集光レンズ系12側の端面には、半導体レーザ11の励振波長(固体レーザ13のポンピング波長)を通過する反射防止膜および固体レーザ13の発振波長を反射する反射膜が形成されている。また、固体レーザ13の凹面

鏡14側の端面には、固体レーザ13の発振波長に対する反射防止膜が形成されている。

【0017】固体レーザ13は、その端面から垂直に横モードパターンが細長形状のレーザ光Laを放射する。ここで、レーザ光Laの横モードパターンが細長形状とは、上述した励起用レーザ光Leの場合と同様に、レーザビームの断面形状が細長形状であって、流路2の方向(以下、X方向と記す)を短くし、流路2に直交する方向(以下、Y方向と記す)を長くした形状で、レーザビームを扁平にした状態をいう。

【0018】凹面鏡14は、Y方向の曲率半径に比べてX方向の曲率半径が小さい凹面形状の反射面を有する。反射面には、レーザ光Laを反射する反射膜がコーティングされている。ここで、凹面鏡14の光軸は、固体レーザ13の発振波長を反射する反射膜がコーティングされている面13aに対して垂直である。

【0019】そして、レーザ発振器1が放射するレーザ光La、即ち固体レーザ13と凹面鏡14との間で発振するレーザ光Laは、横モードパターンを細長形状にした状態のままで維持される。

【0020】流路2は、粒子の検出対象となる流体をアウトレット6の下流に接続した吸引ポンプ(不図示)が吸引することにより、流体が矢印A方向にインレット7からアウトレット6に流れて形成される。レーザ光Laと流路2が直交して交差する箇所が粒子検出領域8となる。

【0021】そして、図2に示すように、シリンドリカルレンズ12bを選定してレーザ光LaのY方向の幅と流路2の幅を一致させることができる。レーザ光LaのY方向の幅と流路2の幅を一致させれば、流路2の断面を全て粒子検出領域8とすことができる、流路2を通過する全ての粒子を検出することができる。例えば、流路2の断面が円形であれば、レーザ光LaのY方向の幅と流路2の直径を一致させることができる。

【0022】受光部3は、粒子検出領域8で生じる散乱光Lsを集光する集光レンズ9と、集光した散乱光Lsを光電変換するフォトダイオード10などを備え、流体に粒子が含まれている場合に粒子検出領域8において粒子に照射されたレーザ光Laによる散乱光Lsを受光し、散乱光Lsの強度に応じた電気信号を出力する。

【0023】以上のように構成した第1の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器においては、レーザ発振器1が放射するレーザ光Laの断面積を変えることなく、レーザ光Laの横モードパターンを細長形状にすれば、レーザ光Laのエネルギー密度(強度)を低下させることなく、粒子検出領域8の幅を広げることができる。また、X方向の厚みを薄くすることで、粒子検出領域の体積の拡大を抑えることができ、空気分子などが発する背景光の増加を抑え、ノイズの増加を抑えることができる。

【0024】また、図2に示すように、レーザ光Laの

Y方向の幅と流路2の幅を一致させれば、流路2の断面を全て粒子検出領域8とすることができます、流路2を通過する全ての粒子を検出することが可能になる。

【0025】更に、流路2の断面積を大きくして大量の試料流体を流す必要がある場合でも、粒子を検出できる限度（レーザ光L<sub>a</sub>のX方向の厚みの限度）において、レーザ光L<sub>a</sub>の断面積を変えることなく、レーザ光L<sub>a</sub>のY方向の幅を広げると共に、レーザ光L<sub>a</sub>のX方向の厚みを薄くすれば、レーザ光L<sub>a</sub>のエネルギー密度（強度）を低下させることなく、粒子検出領域8の幅を広げることができる。

【0026】また、粒子を検出できる限度（レーザ光L<sub>a</sub>のX方向の厚みの限度）において、レーザ光L<sub>a</sub>の断面積を従来よりも小さくして、レーザ光L<sub>a</sub>のY方向の幅を広げると共に、レーザ光L<sub>a</sub>のX方向の厚みを薄くすれば、レーザ光L<sub>a</sub>のエネルギー密度（強度）を高くして粒子検出領域8の幅を広げることができる。

【0027】従って、大量の試料気体を流路2に流すことができ、高清浄度の監視が可能な光散乱式粒子検出器を実現できる。

【0028】次に、本発明の第2の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、図3に示すように、レーザ発振器21の外部に流路22を配置している。この場合、レーザ発振器21の外部にレーザ光L<sub>a</sub>を出力する必要があるので、凹面鏡24を半透鏡としている。凹面鏡24が半透鏡である以外は、凹面鏡24は図1に示す凹面鏡14と同一機能を有する。

【0029】流路22は、粒子の検出対象となる流体をアウトレット26の下流に接続した吸引ポンプ（不図示）が吸引することにより、流体が矢印A方向にインレット27からアウトレット26に流れて形成される。レーザ光L<sub>a</sub>と流路22が直交して交差する箇所が粒子検出領域28となる。なお、図1に示す符号と同一のものについては説明を省略する。

【0030】以上のように構成した第2の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、図1に示す光散乱式粒子検出器と同様な作用効果を奏する。

【0031】次に、本発明の第3の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、図4に示すように、半導体レーザ11が発する励起用レーザ光L<sub>e</sub>を凹面鏡32で集光して固体レーザ13に照射するようにレーザ発振器31を構成している。

【0032】凹面鏡32は、曲率半径が縦方向（X方向）と横方向（Y方向）とで異なる凹面形状の反射面を有し、図1に示す集光レンズ系12と同様に、固体レーザ13に横モードパターンが細長形状の励起用レーザ光L<sub>e</sub>を照射する。なお、図1に示す符号と同一のものについては説明を省略する。

【0033】以上のように構成した第3の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、図1に示す光散乱式粒子検

出器と同様な作用効果を奏する。

【0034】また、上述の発明の実施の形態においては、半導体レーザ11が発する励起用レーザ光L<sub>e</sub>の断面を細長形状にして固体レーザ13を照射する共に、曲率半径が縦方向と横方向とで異なる凹面鏡14、24によって固体レーザ13に帰還させて、横モードパターンが細長形状のレーザ光L<sub>a</sub>を得るようにした。

【0035】しかし、半導体レーザ11が発する励起用レーザ光L<sub>e</sub>の横モードパターンを細長形状とするだけでも、横モードパターンが細長形状のレーザ光L<sub>a</sub>を得ることができる。また、Y方向の曲率半径に比べてX方向の曲率半径が小さい凹面形状の反射面を有する凹面鏡14、24によって固体レーザ13に帰還させるだけでも、横モードパターンが細長形状のレーザ光L<sub>a</sub>を得ることができる。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように請求項1に係る発明によれば、励起光源が発する励起光の断面を細長形状にして固体レーザに照射するので、固体レーザが放射するレーザ光の断面形状を細長形状にすることができる。

【0037】請求項2に係る発明によれば、固体レーザが放射するレーザ光を曲率半径が縦方向と横方向とで異なる反射手段によって反射させて固体レーザに帰還させて、発振するレーザ光の断面形状を細長形状にすることができる。

【0038】請求項3に係る発明によれば、励起光源が発する励起光の断面を細長形状にして固体レーザに照射すると共に、この固体レーザが放射するレーザ光を曲率半径が縦方向と横方向とで異なる反射面を有する反射手段によって、固体レーザに帰還させて、発振するレーザ光の断面形状を細長形状にすることができる。また、励起光の有効利用が図れ、発振するレーザ光の強度を高めることができる。

【0039】請求項4に係る発明によれば、横モードパターンが細長形状のレーザ光を用いるので、レーザ光のエネルギー密度（強度）を低下させることなく、粒子検出領域を大きくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図

【図2】レーザ光と流路との関係を示す斜視図

【図3】本発明の第2の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図

【図4】本発明の第3の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図

【図5】従来の光散乱式粒子検出器におけるレーザ光と流路との関係を示す斜視図

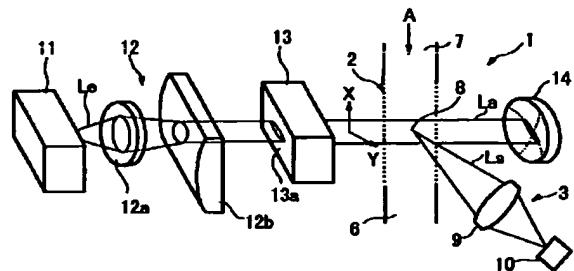
【符号の説明】

1, 21, 31…レーザ発振器、2, 22…流路、3…

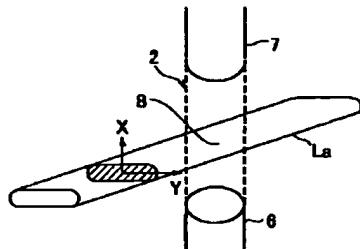
受光部、6, 26…アウトレット、7, 27…インレッ

ト、8、28…粒子検出領域、11…半導体レーザ、12…集光レンズ系（集光手段）、12b…シリンドリカルレンズ、13…固体レーザ、14、24…凹面鏡（反射手段）、32…凹面鏡（集光手段）、La…レーザ光、Le…励起用レーザ光、Ls…散乱光。

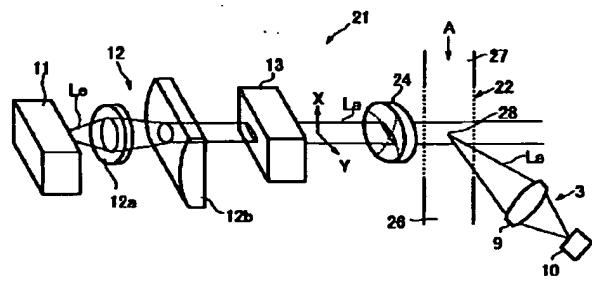
【図1】



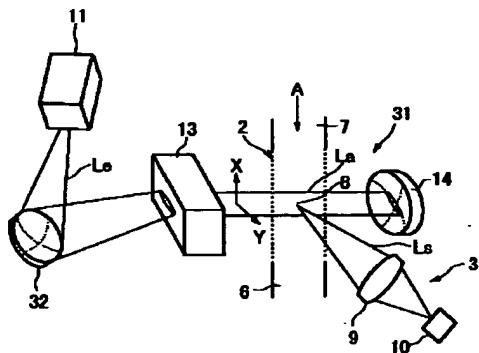
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

